

명세서

기술분야

본 발명은 예를 들면, 의학용 분야 및 초음파측정의 분야에 있어서의, 초음파측정 및 영상화 등에 사용하는 초음파 송수신에 관한 것으로, 특히 펄스압축에 의한 초음파 송수신에 관한 것이다.

배경기술

초음파의 반사파 등을 사용하여 측정을 실행하는 것이나 화상을 얻는 것은 종래부터 행하여지고 있다. 예를 들면, 초음파 진단장치에 있어서는, 초음파 트랜스듀서(transducer)로부터 임펄스파를 송신하고, 반사된 에코(echo)를 수신하여, 화상 처리함으로써 생체 내의 단층사진(tomogram)을 얻고 있다. 이러한 초음파 진단장치에는, 가능한 한 깊은 침달도(invasion depth)와 높은 분해능이 요구되고 있다.

이 요구를 만족시키는 것으로서 펄스압축기술이 있다. 이것은 송신하는 초음파신호에 FM변조를 걸고(이하, 이 신호를 처프신호(chirp signal)라고 한다), 수신시에 처프신호에 대응한 필터를 통과시키는 것으로서, 원래 긴 펄스를 짧게 압축한다. 압축에 의해 분해능을 높이고, 동시에 S/N비의 향상을 도모하며, 침달도를 높이기 위한 시도가 만들어지고 있다.

이러한 펄스압축에서는, 송신신호와 수신신호를 시간적으로 분리하기 위해서, 측정대상물과 트랜스듀서(transducer)의 사이를 떨어뜨릴 필요가 있다. 이 사이의 영역을 세퍼레이션(separation) 영역이라고 부른다. 예를 들면, 초음파현미경에서는 파장에 비교해서 충분히 큰 지름을 갖는 선로를 지연매체로서 사용하여 세퍼레이션 영역으로 하고 있다. 이 선로는 무한대의 직경이 허용되는 것에 의해가요성(flexibility)이 없기 때문에, 도파로(導波路)라고는 고려되지 않을 수 있다. 여기서 도파로란, 전체 전파거리 내에서의 단면 내의 진폭분포가 변하지 않는 것을 말한다. 이 경우, 20MHz 대역을 사용하면, 100 μ s 이상의 지속(duration)시간이 긴 펄스를 송수신하는 것은 실제상 곤란하다. 또한, 이 선로는 가요성(flexibility)이 없기 때문에, 초음파 내시경 등에 적용할 수 없다. 이것을 대신하는 방법으로서 송수신을 위해 분리된 탐침을 사용하는 방법이 있다. 또한, 25 MHz 이상의 대역에서는 서큘레이터(circulator)가 사용된다. 하지만, 이 경우에도 트랜스듀서와 전송매질과의 부정합에 의한 반사가 수신시스템으로 혼입된다.

펄스압축은 레이더나 소나(sonar)의 분야에서 송신 피크-파워(peak power)의 제한하에 송신에너지를 증가시키고, 탐사거리의 증대 또는 고분해능화를 도모할 목적으로 널리 사용하고 있다. 의학용 초음파의 분야에서도 같은 목적을 달성하기 위해서 펄스압축기술을 도입하기 위한 연구가 수없이 행해져 왔다. 송신신호의 스펙트럼을 시간영역에서 조작할 수 있도록 하기 위해, 특정영역의 분해능을 향상시킬 수 있는 등의 이점이 있음에도 불구하고, 이 펄스압축기술은 의학용 초음파의 분야에서는 아직 실용화에 이르고 있지 않다.

실용화를 실현하기 위한 최대의 과제는 세퍼레이션 영역을 필요로 하는 것이고, 다음 과제는 펄스압축 후의 사이드 로브(side lobe)의 억제이다. 후자의 문제는 큰 반사체로부터의 신호의 사이드 로브에 의해 작은 반사체로부터의 신호가 묻혀 버리는 것이다.

세퍼레이션 영역의 문제에 대해서 말하자면, 펄스압축기술에서는, 송신 펄스신호의 긴 펄스폭이 수백 μ 초로 길기 때문에, 세퍼레이션 영역이 커진다. 이 영역을 제공하기 위해, 통상 부드러운(soft) 플라스틱 판이 사용되고 있다. 이 방법은 실제상 상당히 취급하기 어렵다. 또한, 이 방법은 초음파 내시경 등에는 적용할 수 없다. 이 방법을 피하는 다른 방법로서는, 송수신을 위해 분리된 탐침을 사용하는 것이다. 그러나, 송수신을 위해 분리된 탐침이 사용되면, 송신한 초음파빔과, 수신용 트랜스듀서의 수신가능한 영역이 교차하는 범위에서의 신호만이 검출가능하고, 얻어지는 화질도 양호하지 않다. 또한, 혼재된 송신신호와 수신신호의 수신에는, 동적범위(dynamic range)가 매우 큰 증폭기를 필요로 하기 때문에 실제적이 아니다. 따라서, 통합된 송/수신 탐침으로 송신신호와 수신신호를 분리하는 방법이 바람직하다.

[발명의 개시]

본 발명의 과제는, 종래의 초음파 송수신에 있어서의 다음 문제를 해결하는 것이다.

1. 펄스압축에 있어서, 지속시간이 긴 송신신호와 수신신호를 단일의 트랜스듀서를 사용하여 시간적으로 분리할 수 없다.
2. 압축 후의 사이드 로브 레벨의 억제가 불충분하다.

이들의 방법이 개발되면, 극히 미약한 신호의 검출이나 도플러 측정 등 여러가지 응용이 가능하게 된다.

상기 목적을 달성하기 위해서, 본 발명은, 시간에 의해 주파수가 변화하는 신호를 송신할 초음파신호로서 사용하여, 수신한 초음파신호에 대하여 펄스압축을 하는 초음파 송수신장치로서, 상기 초음파신호를 송수신하는 공통의 트랜스듀서와, 상기 초음파신호를 전파하는 공통의 전송선로로 구성되어 있고, 가요성이 있는 도파관 전송선로가 상기 전송선로로 사용되고, 상기 전송선로는 긴 주기를 가지고 송신할 초음파신호와 수신하는 초음파신호를 시간적으로 분리하기 위한 지연매질로서 사용된다. 중심부가 가늘게(narrow) 만들어진 석영 막대가 이 전송선로로서 이용될 수 있다.

또한, 상기 송신할 초음파신호로서, 시간에 비례하지 않고 주파수가 변화하는 신호가 사용될 수 있다. 상기 송신할 신호는 수신했을 때의 시간에 비례하여 주파수가 변화하는 신호가 될 수 있다. 전송선로가 길 때, 변화하는 주파수를 가진 처프 신호는 왜곡((distortion)된다.; 그러나 주파수가 시간에 비례하여 변하지 않는 비선형 처프신호를 사용함으로써, 수신신호의 왜곡을 감소시킬 수 있다.

수신한 초음파신호의 펄스압축 후에, 펄스압축 동안의 이상압축과형과 상관(correlation)을 하는 것에 의해, 사이드 로브의 억제가 실행될 수 있다.

일정 시간이 지연된 복수의 초음파신호를 부호계열(code series)에 따라서 송신할 것인지 하지 않을 것인지에 따라, 초음파신호를 부호화하여 송신하고, 수신한 신호를 펄스압축한 후, 부호화된 부호계열에 의해 복호화될 수도 있다. 이 방법에서, 부호계열에 따라 복수의 신호를 송신함으로써, 두 단계의 압축처리가 가능해지고, 훨씬 높은 S/N비를 가지는 수신신호를 얻을 수 있다.

예를 들면, 상기 각각의 수신된 신호를 처리함으로써 얻어진 압축된 신호와 같이 업(up)차프 신호와 다운(down)차프신호를 송신할 초음파 신호로 사용하고, 시간차 또는 스펙트럼 분석을 수행함으로써, 도플러 효과를 정확하게 측정할 수 있다.

또한, 상기한 송/수신 구성은 관강내용(管腔內用, interluminary)시스템을 구성하는데 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 용융석영막대를 통해 전파하는 탄성파의 분산특성을 나타내는 그래프이다.

도 2는 석영막대를 사용한 송신신호와 수신신호의 분리를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 비선형 처프신호를 사용하는 것을 설명하는 도면이다.

도 4는 사이드 로브억제를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 사이드 로브억제의 모형을 설명하는 도면이다.

도 6은 2단계 압축을 설명하는 도면이다.

도 7은 관강내용 시스템의 구성을 설명하는 도면이다.

도 8은 업처프신호에 있어서의 도플러효과를 설명하는 도면이다.

도 9는 업처프신호에 있어서의 펄스압축처리를 설명하는 도면이다.

도 10은 펄스압축의 처리결과를 설명하는 도면이다.

도 11은 다운처프신호에 있어서의 도플러효과를 설명하는 도면이다.

도 12는 다운처프신호에 있어서의 펄스압축처리를 설명하는 도면이다.

도 13은 펄스압축의 처리결과를 설명하는 도면이다.

도 14는 도플러효과의 측정을 설명하는 도면이다.

도 15는 압축 펄스의 시간간격에 의한 도플러 주파수의 측정에이다.

도 16은 스펙트럼의 비교에 의한 도플러 주파수의 측정에이다.

도 17은 관강내용 시스템의 다른 구성을 설명하는 도면이다.

도 18은 관강내용 시스템의 다른 구성에 의한 파형 관찰결과 도면이다.

[발명을 실시하기 위한 최선의 형태]

본 발명을 실시하기 위한 최선의 형태를, 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

[송신신호와 수신신호의 시간적 분리]

우선, 초음파의 송신신호와 수신신호의 시간적 분리에 대해서 설명한다.

본 발명에 있어서는, 시간적 분리를 실행하기 위한 세퍼레이션 영역은 플렉시블(flexible)한 도파로형의 전송선로를 사용하여 구성한다.

도 1에 도시한 것처럼, 용융석영막대를 통해 진행하는 탄성과 [포셔머·크리파(Pochhammer-Chree waves)] 의 L(0, 1) 모드, L(0, 2)모드 및 L(0, 3)모드의 전파특성이 분명히 나타나 있다(전자통신학회(IEICE)논문지, Vol.J69-A, No.8, pp.1006-1014, 1986, 전기학회(IEICE)논문지, Vol.109-C, No.8,1989, pp.581-586,참조). 또, L(0, 1)모드, L(0, 2)모드 및 L(0, 3)모드는, 원통형 탄성막대 안을 전파하는 탄성과 중에 종파(longitudinal wave)로서, 원주 방향으로 변화하지 않은 파를 말한다. 가장 간단한 모드로부터 순서대로 L(0, 1)모드, L(0, 2)모드 및 L(0, 3)모드라고 부르고, 각각 전파시간이 다르기 때문에 구별될 수 있다.

그러나, 종래는 분산(또는 주파수에 의해 전파시간의 차)이 큰 영역(도 1 중 영역 B 및 영역 D)을 사용하여, 펄스압축필터를 형성하는 것을 목적으로 하고 있기 때문에, 분산이 작은 영역을 이용해서 처프신호를 전송하는 것은 고려되고 있지 않았다. 도 1 중의 A, C 및 E의 영역에서는 분산이 적고, 또한 전기신호로부터 초음파신호로의 변환효율이 높은 것을 알 수 있고 있다(Japanese Journal of Applied Physics, Vol.27, Supplement 27-1, pp.117-119, 1998 참조). 본 발명에서는, 용융석영막대의 영역 중에서, 가능한 한 넓은 범위를 사용하여, 시간과 동시에 주파수가 상승하는 신호[업처프신호] 또는 시간적으로 주파수가 감소하는 신호[다운처프신호]를 전송하는 것을 생각한다.

여기에서는 석영막대의 L(0, 3)모드의 E의 영역을 사용하여, 가요성이 있는 전송선로를 구성하는 방법에 대해 서술한다. 그런데, L(0, 3)모드의 E의 영역을 사용하여 주파수 20 MHz의 초음파를 여진하기 위해서는, 직경이 0.5 mm 정도의 석영막대를 사용할 필요가 있다. 또, 측정시료내에서 초음파빔이 넓어지지 않은 평면파(바람직하게는 시료내에서 수축(收束)하는 초음파)를 송신하기 위해서는, 파장에 비교해서 충분히 넓은 단면적을 갖는 전송선로(20MHz에서 생체중의 초음파의 파장이 약 75 μ m이기 때문에, 그 10배로 해서 직경 0.75mm 정도의 원형끝단면)를 사용해야 한다. 한편, 가요성을 확보하기 위해서는 가능한 한 가는 전송선로를 사용해야 한다. 그래서 본 발명에서는, 양끝이 굵고, 중심으로 향해서 완만히 가늘어진 테이퍼형상 석영막대를 사용하고 있다.

[테이퍼형상 석영막대]

테이퍼형상 석영막대를 사용한 경우, C의 영역의 일부와 D의 영역을 사용하는 것으로 되기 때문에, 끝단면과 중심부의 비가 어느 정도까지 허용될지는 실험적으로 구해야 한다. 각종 테이퍼형상 석영막대에 대하여 실험적으로 검토한 결과, 도 2(a)에 도시하는 것처럼, 본 발명에서는, 예를 들면, 초음파 탐침을 접촉하는 측의 끝단면의 직경이 0.58mm, 가장 가는 부분에서 직경 0.3mm, 시료측의 끝단면에 있어서는 직경 0.68mm로, 길이가 38cm의 석영막대(20)을 사용한다. 이것은 용융석영막대(20)의 초음파 트랜스듀서(10)를 설치하는 측의 직경은 L(0, 3)모드의 변환효율이 있는 것, 또는, 시료(50)에 접촉하는 측의 석영막대(20)의 직경은 파장에 비교해서 충분히 크고, 그 밖의 부분은 가요성이 얻어지도록, 충분히 가늘어지도록 정하고 있다.

이 경우, 18MHz에서 21MHz의 사이에서 다른 모드의 영향이 적고, 파형의 왜곡이 적은 초음파를 전송할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 도2(b)에 송신파형과 수신파형을 도시한다. 또한, 29MHz에서 33MHz의 사이에서도 양호한 동작을 확인할 수 있었다.

[비선형 처프신호]

석영막대(20)의 상술한 것과 같은 영역에서도 분산이 있기 때문에, 세퍼레이션 영역을 형성하기 위해서 필요한 전파거리가 1미터 정도가 되면 파형이 왜곡된다. 그래서, 그 보정이 필요하게 된다. 본 발명에서는, 처프신호는 시간영역에서 파형을 제어하는 것이 용이한 것을 이용하여, 송신 처프신호를 비선형인 처프신호[시간에 비례하여 주파수가 변화하지 않는 신호]로 하여, 그 특성을 수신후의 파형이 선형 처프신호[시간에 비례하여 주파수가 변화하는 신호]가 되도록 구성한다. 이것을 도 3에서 설명한다.

도 3(a)에 있어서, 신호발생기(30)에서 발생하는 송신신호를, 상술한 바와 같이 비선형 처프신호로 하고, 이 비선형 처프신호를 트랜스듀서(10)로부터 용융석영막대(20)로 송신신호로서 인가한다. 비선형 처프신호는 용융석영막대(20)를 전파하여, 시료(50)에서 반사하여, 동일한 용융석영막대(20)를 다시 전파하여 트랜스듀서(10)에서 수신된다. 이 수신신호는 선형 처프신호이다. 송신신호인 비선형 처프신호와 수신신호인 선형처프신호의 파형도는 도 3(b)(1) 및(2)에 도시된다. 송신신호인 비선형 처프신호의 구하는 방법은 후에 상세히 설명한다.

이에 따라, 동일한 전송선로의 안을 업처프신호도 다운처프신호도 전송하는 것을 가능하게 하고, 또한 생체조직에 있어서의 주파수 의존성감쇠의 영향제거나 도플러신호의 검출 등의 신호처리를 용이하게 하고 있다. 또, L(0, 3)모드의 전파시간은 도 1로부터 알 수 있는 바와 같이, 1미터당 180 μ초정도가 되기 때문에, 송신신호의 펄스 폭에 의해 상기 전송선로의 길이를 바꿀 필요가 있다.

[비선형 처프신호의 구하는 방법]

비선형 처프신호의 구하는 방법의 예로서, 용융석영막대 안을 전파하는 탄성과 [포셔머·크리프]의 L(0, 3)의 E의 영역을 이용하여, 용융석영막대의 한쪽 끝에 트랜스듀서를 부착하고, 다른쪽 끝을 피측정물과의 커플러로서 이용하여, 상기 탄성파의 분산을 보정하는 비선형 주파수 변조신호를 송신신호로 하여, 수신신호를 선형처프신호로 한다.

이 경우, 전송선로의 전달관수를 $H(\omega)$, 선형 처프신호의 푸리에변환(Fourier transform)을 $C(\omega)$ 로 하면, 송신 비선형 처프신호는 $C(\omega)/(H(\omega) + k)$ 를 역푸리에 변환하여 구해진다. 여기서 k는 이상적인 처프신호와 설계한 처프신호의 이송오차가 최소가 되는 기준으로 정한다.

[사이드 로브 억제]

예를 들면 의학용 초음파 영상화장치에 있어서는, 큰 반사체의 가까이 있는 작은 반사체의 검출을 할 필요가 있다. 그 때문에, 해상도를 올리기 위해서, 펄스압축에 있어서는, 반사파의 사이드 로브 억제가 최대의 문제이다. 본 발명에서는 사이드 로브를 억제하기 위해서, 도 4에 도시한 바와 같이, 수신한 처프신호에 있어서, 펄스압축필터(41)에 의해 측정물로부터의 파형을 압축한 후, 또, 파형발생기(43)로부터의, 펄스압축필터(41)의 이상압축파형과 상관을 한다. 상호 상관을 하는 것에 의해, 유사한 2개의 파형은 일치했을 때에 출력이 높아지기 때문에, 이것을 이용하여, 사이드 로브를 억제한다.

도 5(a)는 수신한 처프신호의 펄스압축필터(41)로부터의 출력의 파형도이고, 도 5(b)는 상관처리부(42)의 출력의 파형도이다. 이들의 파형도면으로부터, 사이드 로브가 억제되어 있는 것을 알 수 있다.

이 방법은 레이더나 소나 등에 적용할 수가 있다.

[2단계 압축방법]

M 계열(랜덤한 펄스의 시계열)에 대응하여, 비선형 처프신호를 송신하고, 수신하여 펄스압축 후에 M계열에 합치하는 것을 얻을 수 있도록 설정하는 것에 의해, 본 방식을 M계열 등의 부호화방식에 적용한다. 이 방법에 의하면, 부호화방식에 있어서의 송신신호와 수신신호의 분리, M계열의 다중화가 가능하게 된다. 또한, 이 방법에 의한 전체의 압축비는 처프신호에 의한 압축비와 M계열에 의한 압축비의 곱이 되기 때문에 큰 압축비를 얻을 수 있다.

도 6을 사용하여 자세히 설명한다. 도 6의 A의 부분에, 송신하는 신호의 발생을 도시하고 있다. 즉, 일정시간씩 낮은 복수의 처프신호를 발생하여, M계열의 코드 예를 들면, 1, 1, 0...에 대응하여, 시간적으로 낮은 처프신호를 송출한다. M계열이 「1」의 경우 처프신호를 보내고, 「0」의 경우 보내지 않도록 신호가 송출되어, 이들의 M계열에 따른 복수의 처프신호가 합성기(32)에서 합성된 후, 송신기(33)로부터 송신된다. 시료로부터의 신호를 수신기(46)에서 수신 후에, 우선 처프신호의 펄스압축이 펄스압축필터(47)에서 실행되고, M계열의 코드에 대응한 펄스열이 발생한다. 이어서, 복호기(48)에서 송신할 때의 동일한 M계열과 일치하는 신호가 복호되고, 1개의 단(短) 펄스를 얻을 수 있다. 이와 같이, 처프신호에 의한 압축과 M계열에 의한 압축의 2단계의 압축이 실행되기 때문에, S/N 비가 높은 측정이 가능해진다.

또, 상술한 사이드 로브 억제 장치의 처리를 이 2단계 압축처리에 적용하여, 펄스압축필터의 처리 후에 사이드 로브 억제를 하는 것도 가능하다.

상술한 2단계 압축은 레이더나 소나 및 확산 스펙트럼통신에도 적용할 수 있다.

[관망내용 초음파 내시경 시스템]

관망내용 초음파 내시경에 상술한 본 발명을 적용한 예를, 도 7을 사용하여 설명한다. 혈관내나 요관내 등의 관망을 대상으로 하고, 기계적으로 탐침을 회전하는 시스템의 초음파 내시경에 있어서는, 카테테르(catheter)내에 초음파 트랜스듀서(10)를 넣어서 사용한다. 이 시스템에, 본 발명에 의한 송신신호와 수신신호를 분리하는 방법을 사용하여 펄스압축을 도입하는 것은 용이하다.

이것을 도 7에 나타낸다. 즉, 20 MHz대에 있어서 L(0, 3)모드의 탄성파는 직경 약 0.3 mm에서 약 0.7 mm의 석영막대안을 전파하기 때문에, 중공의 금속선의 안에 견사를 감는 등 적당한 보호를 하여 석영막대를 넣을 수 있다. 이 정도의 굵기의 석영막대(20)는 가요성이 있기 때문에, 카테테르의 안에 넣어 사용할 수 있다. 커플러의 부분은 테이퍼형상 석영막대를 사용하여 측정심도에 따른 직경으로 설정한다. 또, 음향적 정합부분(매칭층)(22), 음향빔의 굴절면 및 렌즈(이 예에서는, 집속렌즈가 붙은 반사경(24)을 배치한다. 이 렌즈는 측정대상의 시료의 바로 가까이에 둘 수 있다. 초음파 트랜스듀서(10)에 의해 여기된 초음파는 용융석영막대(20) 및 커플러를 통해 목적영역에 조사되어, 반사신호는 반대로 석영막대(20)안을 전파하여, 트랜스듀서(10)에 의해 전기신호로 변환된다. 수신한 신호가 선형 처프신호가 되도록 송신신호를 설정하면, 수신신호는 표준적인 펄스압축필터 또는 A/D 변환 후, 신호처리부(44)에 의한 표준 디지털 신호처리에 의해 압축 펄스로 변환된다. 이것을 표시장치(45)로 관찰할 수가 있다.

이 시스템에, 송신신호로서 비선형의 처프신호를 사용하거나, 수신신호의 처리로서, 상술한 펄스압축필터의 이상 출력파형을 사용한 사이드 로브 억제처리를 실행하는 것도 가능하다.

또한, 상술한 2단계 압축처리를 사용할 수도 있다.

[도플러신호 측정]

선형의 처프신호가 플라스틱변이를 받으면, 압축신호파형의 형태는 그다지 바뀌지 않고 스펙트럼이 주파수 변이를 일으키는 것이 알려져 있다. 여기에서는, 상기 전송선로의 안을 업처프신호와 다운처프신호를 동시에 전송하여, 동일한 영역에서 반사한 각각의 신호의 스펙트럼이 역방향으로 추이하는 것을 이용하여, 이들의 스펙트럼을 비교하여 도플러신호의 검출을 하는 것을 설명한다. 송신 처프신호의 주파수의 시간적인 변화율을 바꾸는 것으로 넓은 범위의 운동속도를 검출할 수 있다.

우선, 업처프신호 및 다운처프신호의 도플러변이에 대해서, 도 8~도 13을 사용하여 자세히 설명한다.

도 8~도 10은 업처프신호의 경우에 도플러효과의 유무에 의해 압축후의 파형이 시간적으로 어긋나는 것을 설명한 것이다.

우선, 도플러효과가 없는 경우를 생각한다. 도 8(a)은 선형 FM 처프신호를 모식적으로 도시한 것으로, 주파수가 f_1 에서 $f_2 = f_1 + \Delta f$ 까지 선형으로 증가하는 펄스폭 T의 처프신호이다. 이 파형을 도 9(a)의 특성을 갖는 펄스압축필터에 입력한다. 이 필터에서는 주파수가 낮은 영역에서는 지연시간이 크고, 주파수가 높아짐에 따라서 선형에 지연시간이 작아진다. 주파

수가 f_1 일 때 지연시간이 t_2 이고, 주파수가 f_2 일 때 지연시간이 $t_1 = t_2 - T$ 로 한다. 업처프신호를 이 필터에 입력하면, 시간적으로 빨리 입력한 신호는 천천히 진행하고, 높은 신호는 빨리 진행하기 때문에, 필터투과 후에는 처프신호는 압축되어 도 10(a)에 도시되는 것과 같은 파형이 된다. 이 때 임의의 기준시로부터의 시간지연을 T_0 로 한다.

다음에 도플러효과가 있는 경우를 생각한다. 도 8(a)에 도시되는 처프신호가 도 8(b)에 도시한 바와 같이 도플러효과에 의해 처프신호가 주파수의 변이(도플러 시프트)를 받고, $f_1 + f_d$ 에서 $f_2 + f_d$ 까지 변화하는 처프신호로 되었다고 가정한다. 여기서 f_d 는 도플러효과에 의한 주파수 변이로 도플러 주파수라고 부르고, 여기서는 양(+)이라고 가정한다. 이 주파수 변이를 받은 처프신호를 도 9(a)에 도시한 특성을 가지는 펄스압축필터에 입력한 경우가 도 9(b)에 도시된다. 이 도에서 도시한 바와 같이, 주파수 $f_1 + f_d$ 에 대응하는 지연시간은 $t_2 - \tau_d$ 로 작아진다. 여기에서 $\tau_d = T \cdot f_d / \Delta f$ 이다. 따라서, 압축 파형의 지연도 작아지고, 필터투과 후에는 처프신호는 도 10(b)에 도시한 바와 같이 파형으로 되고, 기준시로부터의 시간 지연은 $T_0 - \tau_d$ 로 된다.

다음에 다운처프신호의 경우를 생각한다. 도 11~도 13은 다운처프신호의 경우에, 도플러효과에 의한 유무에 의해 압축후의 파형이 어긋나는 것을 설명한 것이다.

우선 도플러효과가 없는 경우를 생각한다. 도 11(a)은 주파수가 f_2 에서 $f_1 = f_2 - \Delta f$ 까지 선형으로 감소하는 처프신호를 모식적으로 도시한 것이다. 이 신호가 도 12(a)에 도시한 바와 같은 특성의 펄스압축필터에 입력하면, 이 필터에서는 f_2 에 대한 지연시간이 크고, $f_1 = f_2 - \Delta f$ 에 대한 지연시간이 작기 때문에, 최초에 필터에 입력한 주파수가 높은 성분은 천천히 진행하고, 느리게 입력한 주파수가 낮은 성분은 빨리 진행하기 때문에, 도 13(a)에 도시한 바와 같은 압축파형을 얻을 수 있다. 이 때의 기준시로부터의 시간지연을 T_0 로 한다.

다음에 도플러효과가 있는 경우를 생각한다. 도 11(a)에 도시한 처프신호가 도플러효과에 의해 주파수 변이를 받아, 도 11(b)에 도시한 바와 같이 주파수가 $f_2 + f_d$ 에서 $f_1 + f_d = f_2 + f_d - \Delta f$ 까지 변화하는 처프신호로 변화하였다고 가정한다. 이 신호를 도 12(a)와 같은 특성의 펄스압축필터에 입력하면, 주파수가 전체로서 증가하고 있기 때문에, 도 12(b)에 도시한 바와 같이 압축파형의 기준시로부터의 시간지연은 $T_0 + \tau_d$ 이 된다. 필터투과 후에는, 처프신호는 도 12(b)에 도시한 바와 같은 파형이 되고, 기준시로부터의 시간지연은 $T_0 + \tau_d$ 가 된다.

도 10 및 도 12에 도시한 바와 같이, 업처프신호와 다운처프신호의 압축후의 신호는 도플러효과에 의해 역방향에 어긋나기 때문에, 이것을 검출하는 것에 의해 도플러신호의 검출이 가능하게 된다.

다음에, 어떻게 하여, 도플러신호를 검출하고 있을까에 대해서 설명한다. 도 10(a)에 도시되는 업처프신호의 압축파형의 푸리에변환을 $F_U(\omega)$ 으로 한다. 도 10(b)의 도플러효과가 있는 신호에서는 파형은 변하지 않고 시간적으로 τ_d 어긋나고 있기 때문에, 이 파형의 푸리에변환은 $F_U(\omega)e^{j\omega\tau_d}$ 가 된다. 마찬가지로, 다운처프신호인 도 13(a)의 파형 푸리에변환을 $F_D(\omega)$ 로 하면, 도 13(b)에 나타내는 도플러효과가 있는 신호파형의 푸리에 변환은 $F_D(\omega)e^{-j\omega\tau_d}$ 가 된다.

따라서, 도플러효과가 없는 경우에, 예를 들면, $F_U(\omega) = F_D(\omega)$ 가 되도록 시스템을 조정하면, $F_U(\omega)e^{j\omega\tau_d}$ 와 $F_D(\omega)e^{-j\omega\tau_d}$ 의 측정치로부터 $\tau_d = T \cdot (f_d/\Delta f)$ 즉 도플러 주파수 f_d 가 요구된다.

또, 이 설명에서는 도플러신호가 증가하는 경우를 생각하였지만, 감소하는 경우에는 변화하는 방향이 반대가 될 뿐이고 원리는 변하지 않는다.

이 원리를 사용하여, 도플러 주파수를 검출하는 장치를 도 14에 나타낸다.

도 14에 있어서, 업처프신호(1)와 다운처프신호(2)가 합성기(61)에서 합성되어 송신된다. 본 발명에 의한 전송선로 등을 통해 시료에 송출된 신호는 수신기, 신호(1)은 업처프용 펄스압축시스템(64)에 의해 압축되고, 게이트회로1(66)에서 목표위치의 신호가 추출된다. 다운처프신호(2)도 다운처프용 펄스압축시스템 (65)에 의해 압축되어, 게이트회로2(67)에서 상기 목표위치의 신호가 추출된다.

압축펄스의 목표위치검출과 함께, 도플러측정을 하는 경우에는, 게이트회로1(66) 및 게이트회로2(67)로부터 각각의 목표 위치의 신호가 시간비교회로(도시하지 않음)로 송출된다. 시간비교회로에 의해, 업처프신호(1) 및 다운처프신호(2)에 각각에 대한 시간차에 따라, 목표위치에 있어서의 도플러효과의 측정을 한다. 이것에 대해서는, 후에 상세히 설명한다.

스펙트럼에 의한 도플러주파수 검출의 경우에는, 게이트회로1(66) 및 게이트회로2(67)의 출력인 펄스는 각각, 표준처프신호 발생기(70)로부터의 표준처프신호[업처프신호(1) 또는 업처프신호(2)]와, 중첩적분기1(68) 및 중첩적분기2(69)에 있어서 중첩적분(Convolution)된다. 이 결과, 시간차를 갖는 처프신호를 얻을 수 있기 때문에, 이것을 혼합기(71)에 입력하여 서로 곱한 후, 스펙트럼 해석을 실행한다. 이에 따라 저주파성분을 추출하면, 2개의 시간차를 갖는 처프신호의 비드를 구하는 것으로 된다. 여기서부터 목표위치에 있어서의 도플러주파수를 구할 수 있다. 또, 게이트회로1(66)과 게이트회로2(67)의 특성을 동일하게 하는 것에 의해 창관수(窓關數)의 영향을 최소로 할 수 있다.

이 스펙트럼해석에 대해서도 후에 상세히 설명한다.

이 도플러효과의 측정의 신호의 전달에는, 도 2에 도시한 석영막대를 사용할 수 있지만, 이것에 한정되는 것이 아니다.

이들의 신호의 송수신에는, 상술하는 비선형 처프신호 등을 사용하거나, 사이드 로브 억제에, 상술한 펄스압축의 이상출력 파형을 사용한 사이드 로브 억제처리를 하거나 하는 것도 할 수 있다.

이 방법을 예를 들면 생체의 혈류의 속도검출에 대하여 사용할 때, 저농도의 초음파용 조영제(트레이서:tracer)와 병용하는 것에 의해 정확히 혈류검출을 할 수 있고, 또한, 위치측정과 동시에 그 위치에 있어서의 혈류를 측정할 수 있기 때문에, 혈류의 속도분포가 요구된다.

도 15에 있어서, 도 14에 있어서의 게이트회로1과 게이트회로2의 출력펄스의 시간간격을 비교하는 것에 의한 도플러 주파수 측정예를 도시한다. 여기에서는, 미리 송신하는 처프신호의 중심주파수가 시프트(shift)되고, 도플러효과가 없을 때의 간격을 기준으로, 도플러효과의 증감과 펄스간격의 증감을 대응시킨다. 즉, 도 15(b)에 도시하는 도플러효과가 없는 경우의 간격과 비교해서, 도플러 시프트가 양이면, 도 15(a)에 도시한 바와 같이 펄스의 간격이 넓어지고, 도플러 시프트가 음이면, 도 15(b)에 도시한 바와 같이, 펄스의 간격이 좁아진다. 이 차이를 검출하는 것에 의해, 목표위치에 있어서의 도플러효과를 측정할 수가 있다.

도 16에 있어서는 스펙트럼해석에 의한 도플러 주파수 측정예를 도시한다. 여기에서는, 미리 송신처프신호의 중심주파수를 비키어 놓고, 도플러효과가 없을 때의 스펙트럼을 기준으로, 도플러효과의 증감과 스펙트럼의 추이를 대응시켰다. 즉, 도플러 시프트가 0일 때, 도 16(b)에 도시한 바와 같이, 스펙트럼의 중심이 10kHz로 한다. 도플러 시프트가 양이면, 도 16(a)에 도시한 바와 같이, 스펙트럼의 중심이 저주파수측에 시프트하고, 도플러 시프트가 음이면, 도 16(c)에 도시한 바와 같이, 스펙트럼의 중심이 고주파수측에 시프트한다. 이것을 검출하는 것에 의해, 도플러효과에 의한 주파수(도플러 주파수)를 검출할 수가 있다.

[다른 관망내용 시스템]

관망내용 시스템에 본 발명을 적용한 다른 예를, 도 17을 사용하여 설명한다.

혈관내나 요관내 등의 관망을 대상으로 하여, 기계적으로 탐침을 회전하는 시스템의 초음파 내시경에 있어서는, 카테테르 내에 초음파 트랜스듀서(10)를 짜넣어서 사용한다. 이것은 도 7에 사용한 시스템과 마찬가지로이다. 이 시스템에서는, 전송선로가 더 나은 가요성을 갖는 것이 바람직하기 때문에, L(0, 1)모드를 사용하여 구성한다.

이것을 도 17에 도시한다. 즉, 20MHz 대에서 L(0, 1)모드의 탄성파는 대략 직경 125 μ m 정도의 석영막대를 통해 전송된다. 본 실험에서는 직경이 125 μ m에서, 길이가 약 60cm의 용융석영막대(20)의 선단에 매칭층(matching layer)(22)(정합용 전송선로)으로서 직경이 150 μ m, 길이가 37 μ m의 유전체 선로(Stycast 2651mm)를 접착한 것을 사용하였다. 정합층은 전송선로와 물과의 커플러로서의 역할을 갖는다. 이 정합층이 붙은 전송선로를 금속관 안에 넣어 방수처리하였다. 수속렌즈(24)로서 회전다윈체의 일부를 사용하여, 그 초점의 위치에 전송선로의 선단부가 오도록 배려하였다. 또한, 이 경우, 가는 선로에 큰 진폭의 초음파를 여기하기 위해서, 트랜스듀서(10)에 의해 여기된 초음파는 포물면(paraboloid) 거울(11)을 경유하여 용융석영막대에 의해 송수신된다. 이 렌즈는 측정대상의 시료의 바로 가까이에 둘 수 있다. 트랜스듀서(10)에 의해 여기된 초음파는 용융석영막대(20) 및 커플러를 통해 목적영역(55)에 조사되고, 반사신호는 반대로 석영막대(20)를 통해 진

행하고, 트랜스듀서 (10)에 의해 다시 전기신호로 변환된다. 수신한 신호가 선형 처프신호가 되도록 송신신호를 설정하면, 수신신호는 표준적인 펄스압축필터 또는 A/D 변환 후, 신호처리부(44)에 의한 표준적인 디지털신호처리에 의해 압축필스로 변환된다. 이것을 표시장치(45)로 관찰할 수가 있다. 관측한 파형의 일례를 도 18에 도시한다.

도18(a)는 수중의 알루미늄판으로부터의 반사를 관찰한 예이다. 전송끝단면부터의 반사 A의 후에, 수중의 알루미늄판으로부터의 반사 파형 B를 분명히 관찰할 수 있다. 도 18(b)은 알루미늄판으로부터의 반사를 관찰한 예이고, 도 18(c)은 수중에 있는 125 μ m의 광파이버를 관찰한 예이다. 쌍방 모두, 전송끝단면으로부터의 반사 파형 A의 후에, 목적물로부터의 반사 파형 C, D를 관찰할 수가 있다.

이 시스템에, 송신신호로서 비선형의 처프신호를 사용하거나, 수신신호의 처리로서, 상술의 펄스압축필터의 이상출력파형을 사용하여 사이드 로브 억제처리를 하는 것도 가능하다.

또한, 상술의 2단계 압축처리를 사용하는 것도 할 수 있다.

산업상 이용 가능성

본 발명에서는, 처프신호를 사용하는 초음파 송수신에 있어서, 전송선로로서 가요성이 있는 도파로형의 전송선로를 사용하여, 상기 전송선로를 지연매질로서 사용하는 것에 의해, 송신신호와 수신신호를 어떤 연장된 지속시간을 가지고 시간적으로 분리할 수가 있다. 이 전송선로로서, 양끝에 테이퍼가 있는 석영막대를 사용하면 좋다.

전송선로가 길면 처프신호가 왜곡되지만, 비선형의 처프신호를 사용하는 것에 의해, 수신신호에 있어서의 왜곡을 억제하는 것이 가능하다.

또한, 펄스압축의 이상출력파형을 사용하는 것에 의해, 수신신호의 사이드 로브 억제를 할 수 있다.

복수의 처프신호를 부호화열에 따라서 송신하는 것에 의해, 2단계의 압축처리가 가능해져서, 보다 S/N 비가 높은 수신신호를 얻을 수 있다.

게다가, 업처프신호 및 다운처프신호를 사용하는 것에 의해, 도플러효과를 정확히 측정할 수가 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

송신하는 초음파신호로서 시간에 따라 주파수가 변화하는 신호를 사용하고, 수신한 초음파신호에 대하여 펄스압축을 하는 초음파 송수신장치로서,

상기 초음파신호를 송수신하는 공통의 트랜스듀서와,

상기 초음파신호를 전파하는 공통의 전송선로로 구성되어 있고,

상기 전송선로로서 가요성이 있는 석영을 사용하고, 상기 석영의 전송선로를 지연매질로서 사용하여 송신하는 초음파신호와 수신하는 초음파신호를 시간적으로 분리하는 것을 특징으로 하는 초음파 송수신장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 송신하는 초음파신호로서 시간에 비례하지 않고 주파수가 변화하는 신호를 사용하고, 송신하는 상기 신호는 수신하였을 때 시간에 비례하여 주파수가 변화하는 신호가 되도록 한 신호인 것을 특징으로 하는 초음파 송수신장치.

청구항 3.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

수신한 초음파신호를 펄스압축한 후, 더욱 펄스압축하였을 때의 이상압축과형과 상관을 하는 것에 의해 사이드 로브를 억제하는 것을 특징으로 하는 초음파송수신장치.

청구항 4.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

일정시간 지연한 복수의 초음파신호를 부호계열에 따라서 송신할 것인지 하지 않을 것인지에 따라, 초음파 신호를 부호화하여 송신하고,

수신한 신호를 펄스압축한 후, 부호화한 부호계열에 의해 복호하는 것을 특징으로 하는 초음파 송수신장치.

청구항 5.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전송선로로서, 중심부가 가늘어진 테이퍼형상 석영막대를 사용하는 것을 특징으로 하는 초음파송수신장치.

청구항 6.

제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 초음파 송수신장치를 사용함과 동시에,

송신하는 초음파신호로서, 시간과 함께 주파수가 증가하는 신호와 시간과 함께 주파수가 감소하는 신호를 사용하고,

수신한 상기 각각의 신호를 처리하여 얻어지는 압축펄스의 시간차로부터 도플러효과의 측정을 하는 것을 특징으로 하는 도플러 측정장치.

청구항 7.

제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 초음파송수신장치를 사용함과 동시에,

송신하는 초음파신호로서, 시간과 함께 주파수가 증가하는 신호와 시간과 함께 주파수가 감소하는 신호를 사용하고,

수신한 상기 각각의 신호를 처리하여 얻어지는 압축 펄스와, 표준차프신호와의 중첩적분을 하여, 스펙트럼해석을 하는 것에 의해 도플러효과의 측정을 하는 것을 특징으로 하는 도플러 측정장치.

청구항 8.

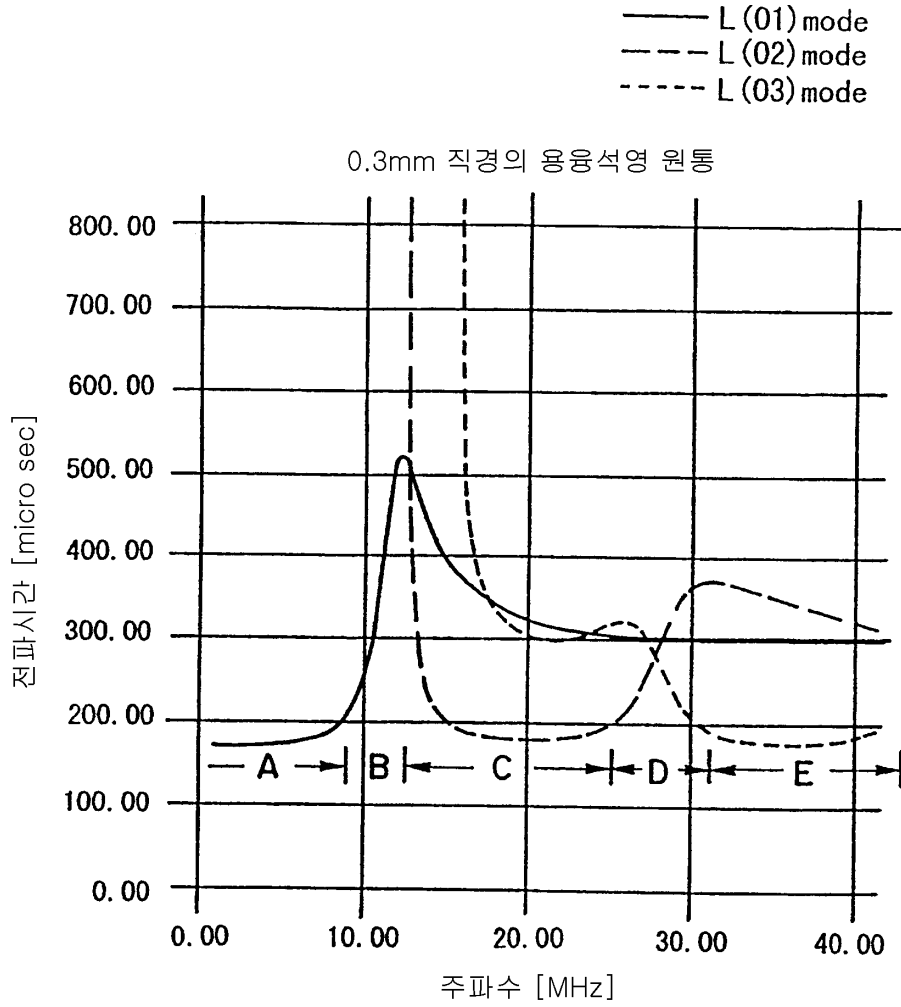
삭제

청구항 9.

제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 초음파송수신장치를 사용하여 관강내용 초음파 내시경 시스템에 있어서, 상기 전송선로의 시료측 끝단면에 정합층을 갖는 것을 특징으로 하는 관강내용 초음파 내시경 시스템.

도면

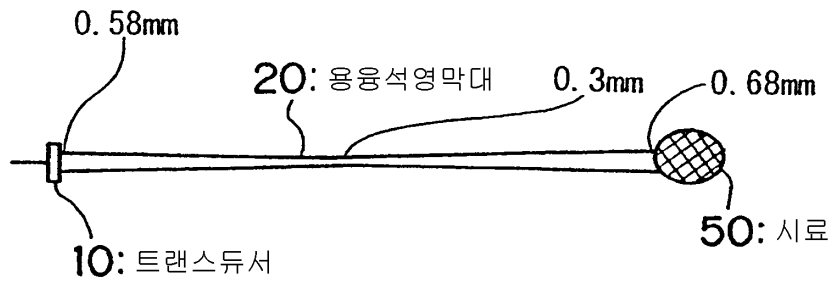
도면1



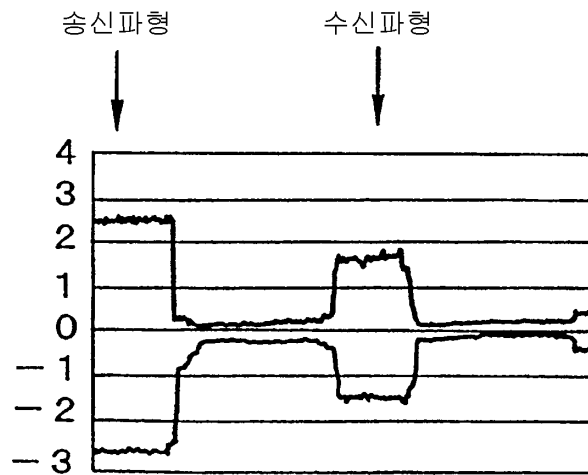
용융석영막대안을 전파하는 탄성파의 분산특성

도면2

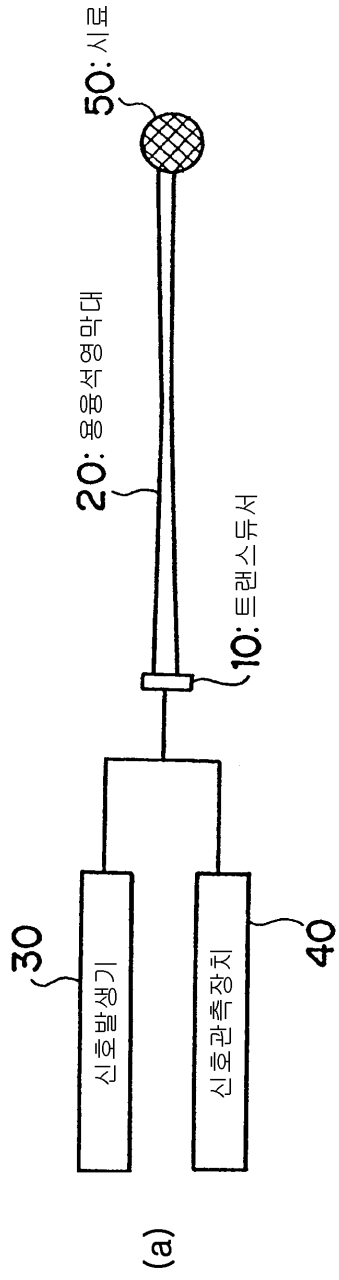
(a) 트랜스듀서와 석영막대의 구성



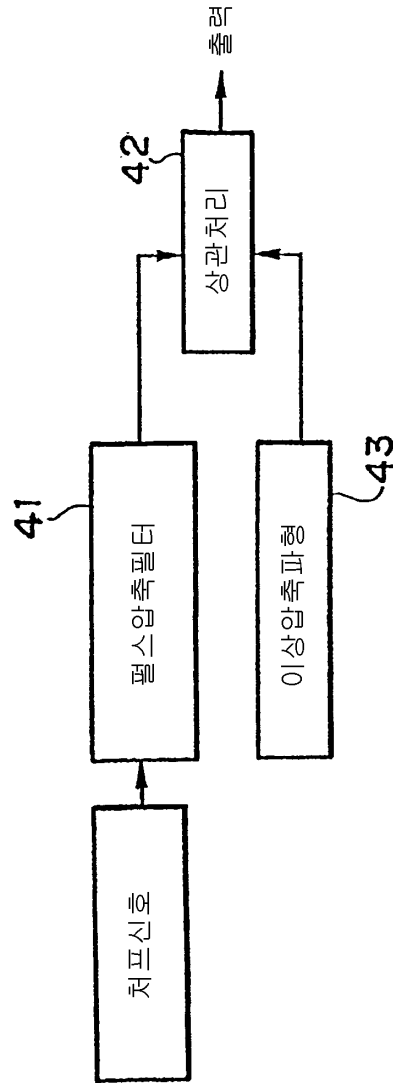
(b) 송신파형과 수신파형의 분리



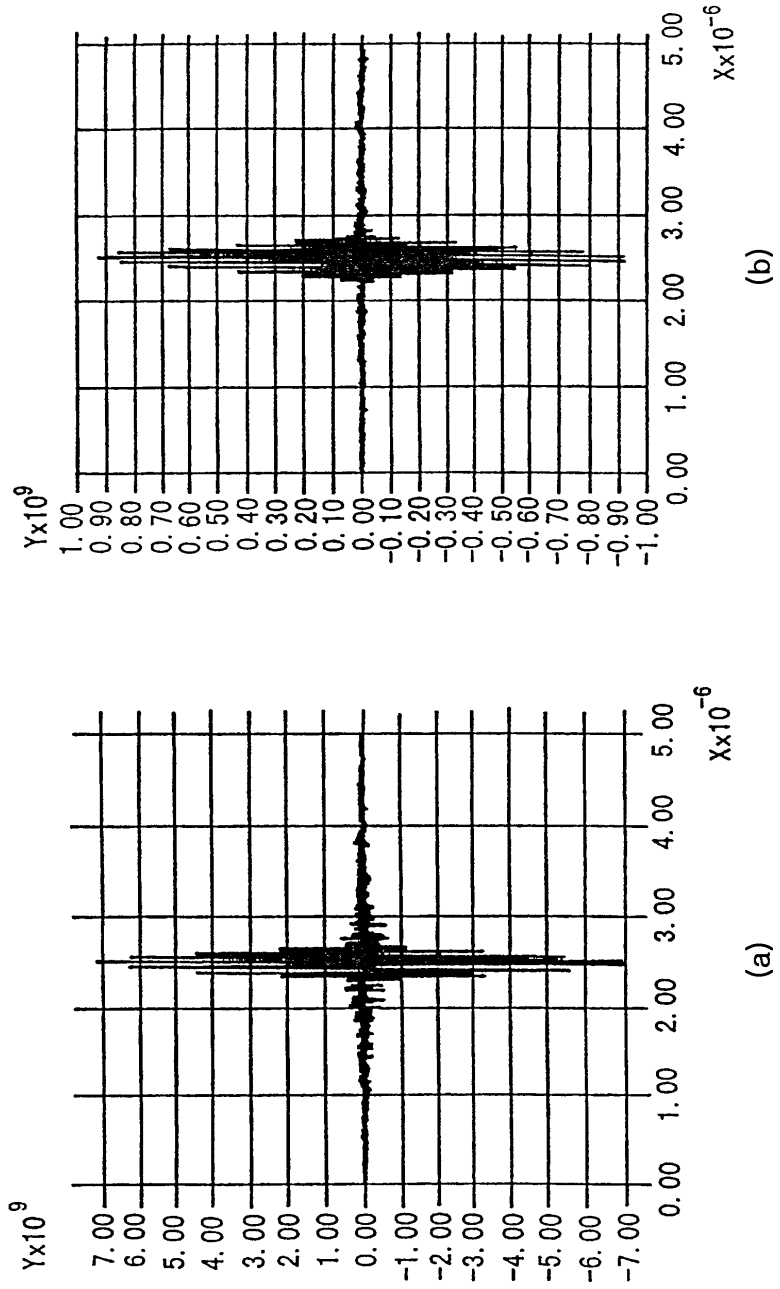
도면3



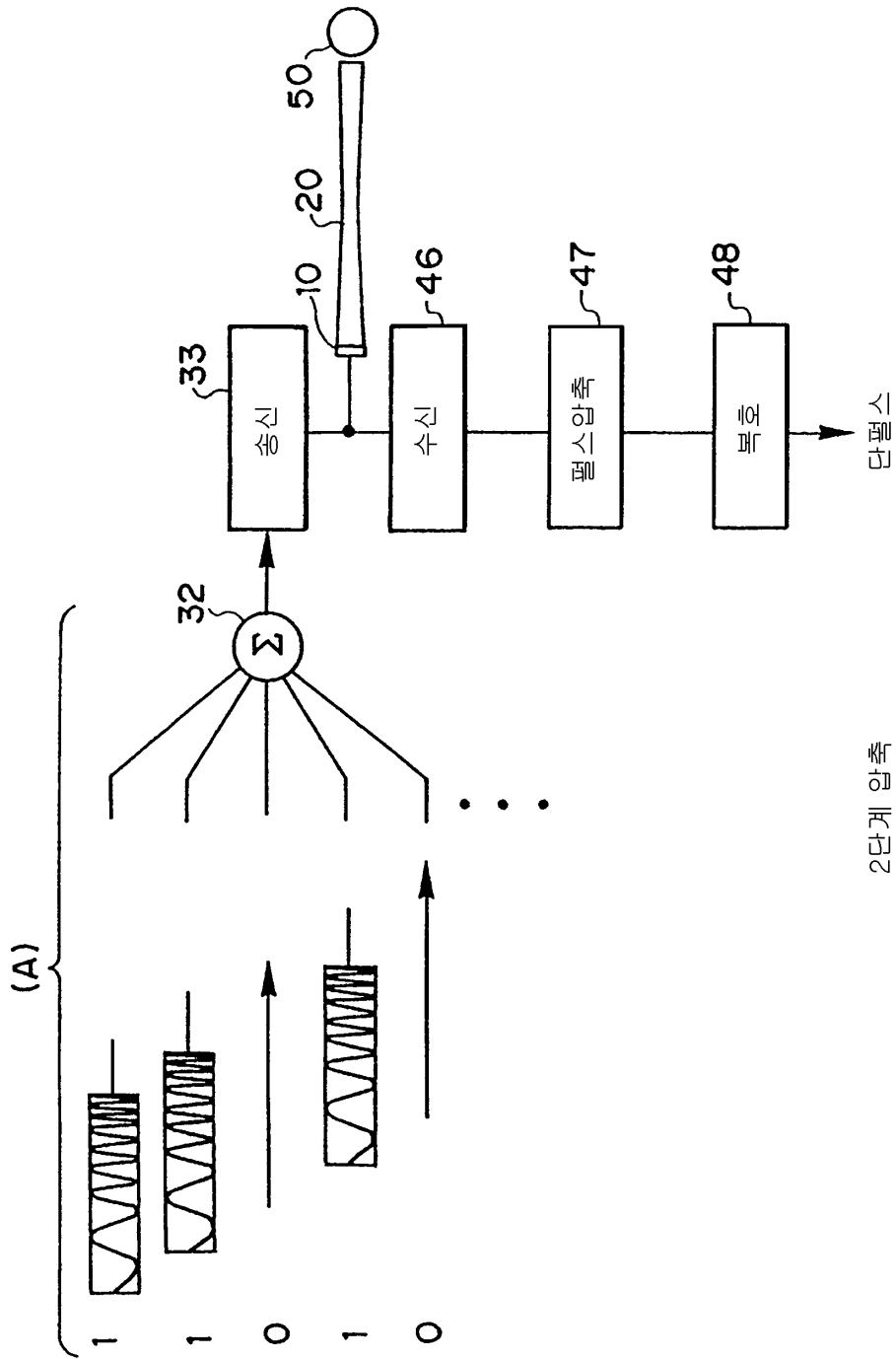
도면4



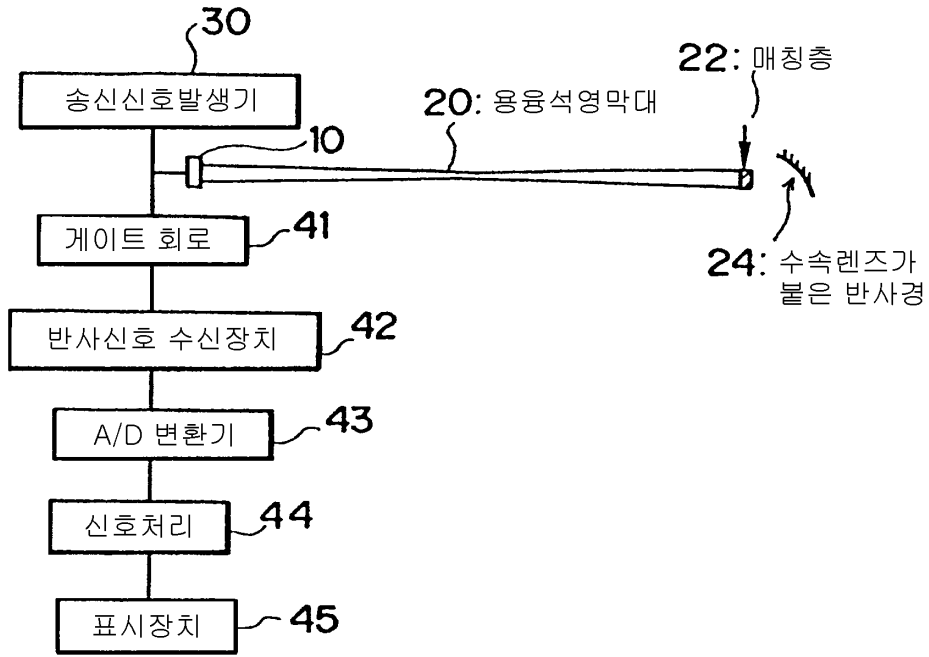
도면5



도면6



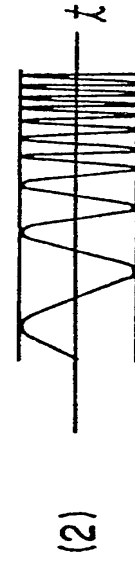
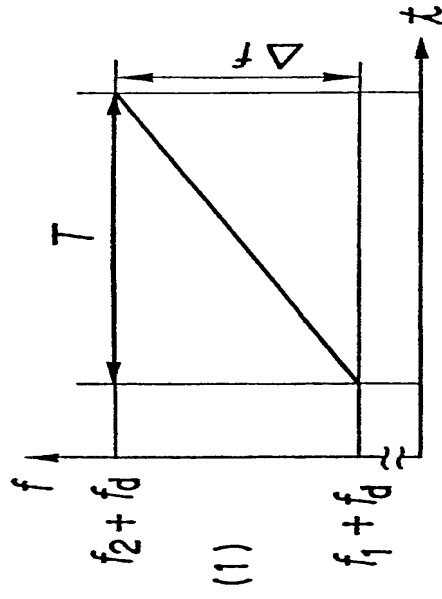
도면7



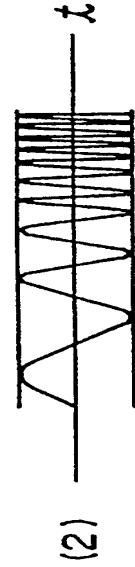
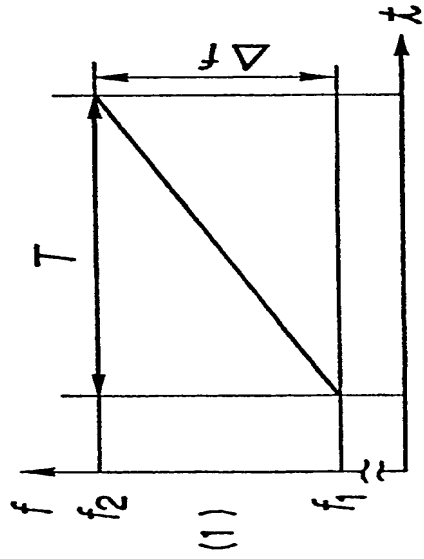
관광내용 시스템

도면8

(b) 업 처프파
(도플러 있음)

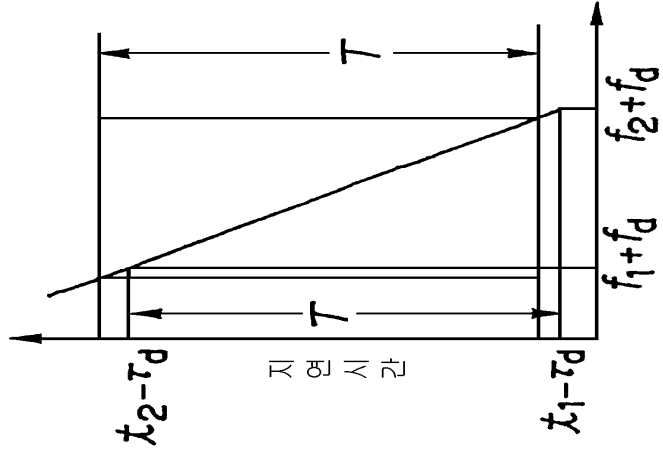


(a) 업 처프파
(도플러 없음)

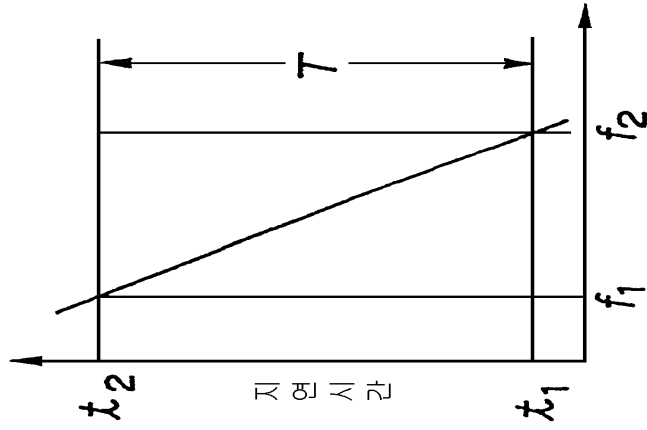


도면9

(b) 펄스압축필터의 특성
(도플러 있음)

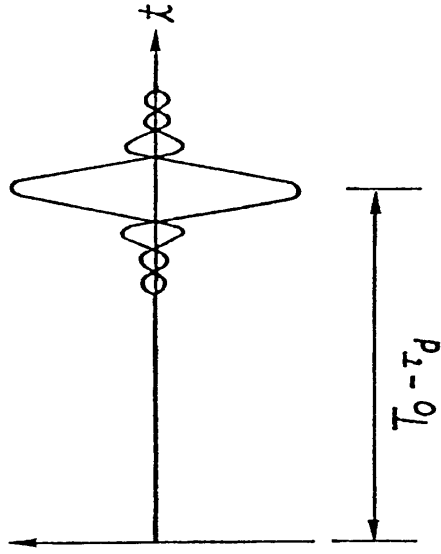


(a) 펄스압축필터의 특성
(도플러 없음)

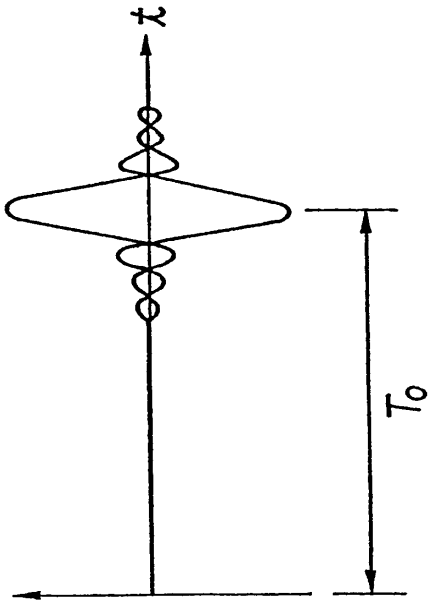


도면10

(b) 압축파형 (도플러 있음)

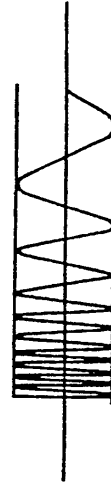
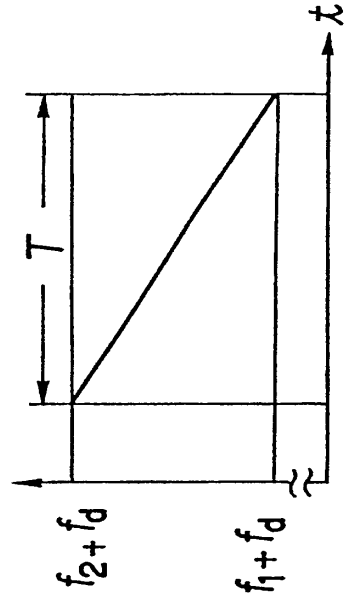


(a) 압축파형 (도플러 없음)

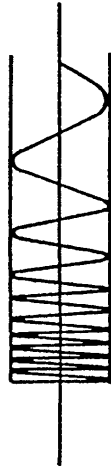
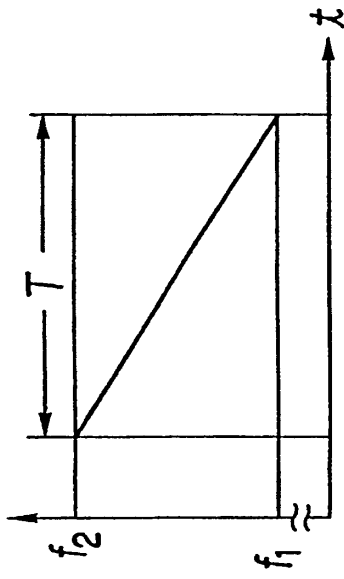


도면11

(b) 다운차프파형
(도플러 있음)

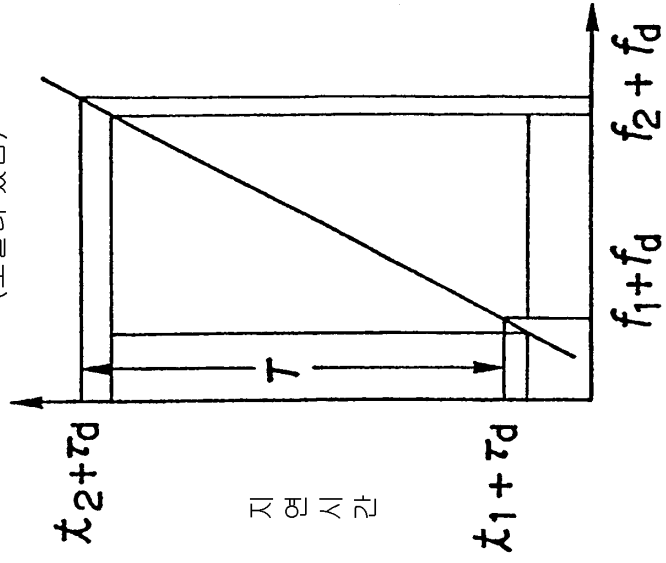


(a) 다운차프파형
(도플러 없음)

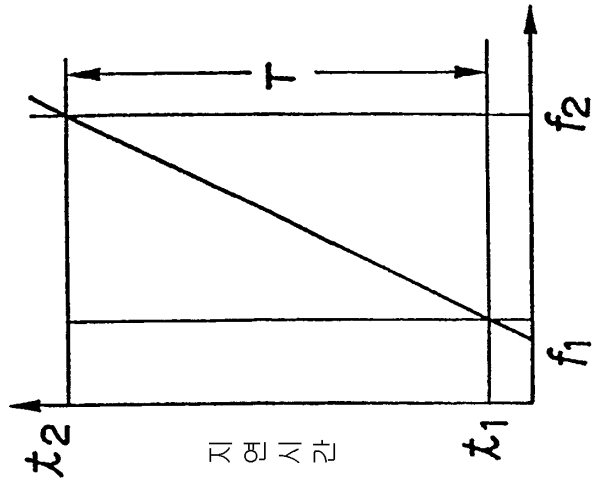


도면12

(b) 펄스압축 필터의 특성
(도플러 있음)

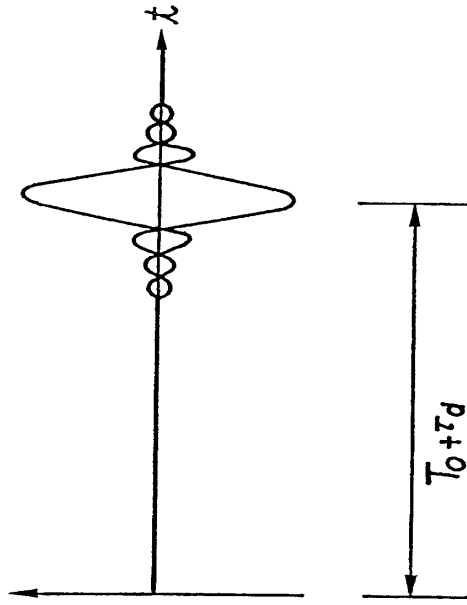


(a) 펄스압축 필터의 특성
(도플러 없음)

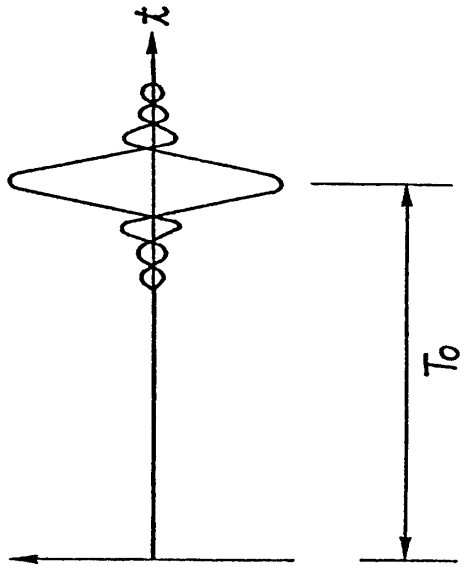


도면13

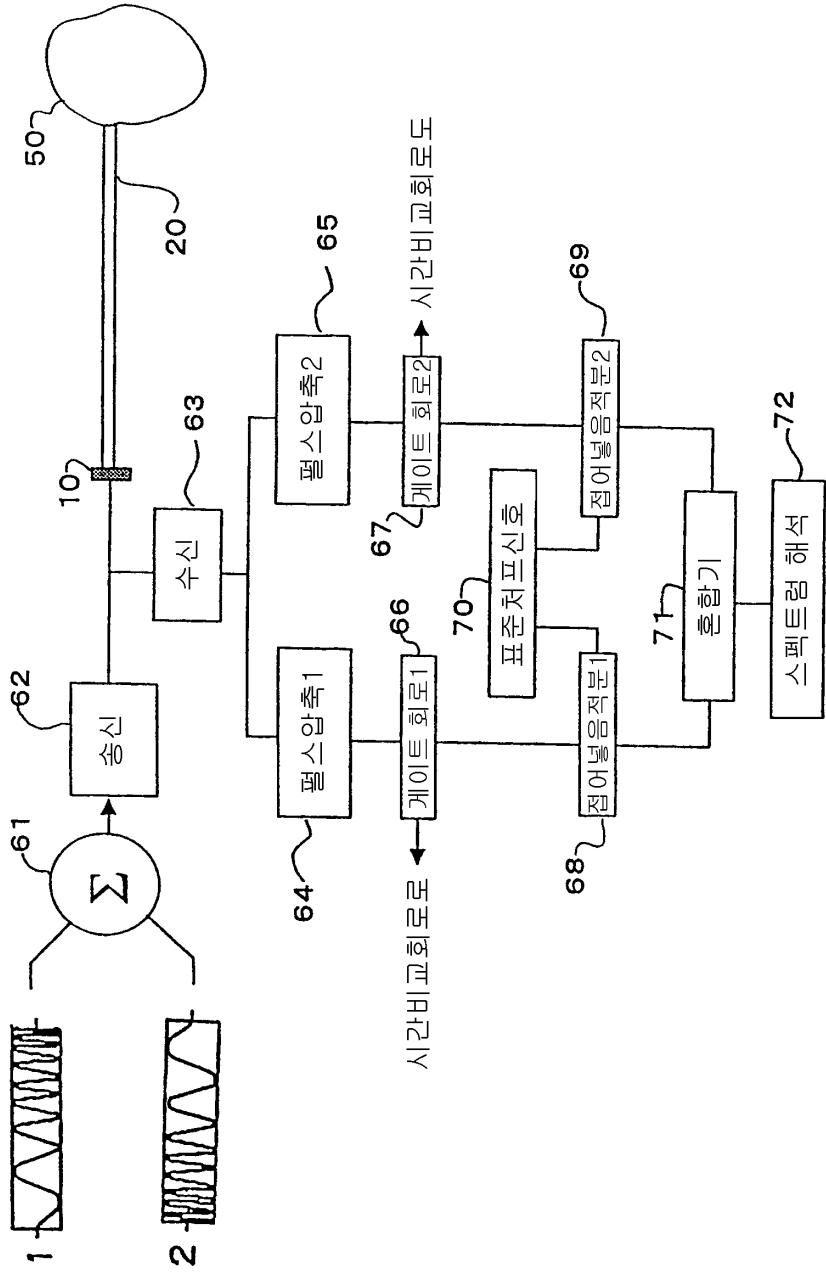
(b) 압축파형 (도플러 있음)



(a) 압축파형 (도플러 없음)



도면14

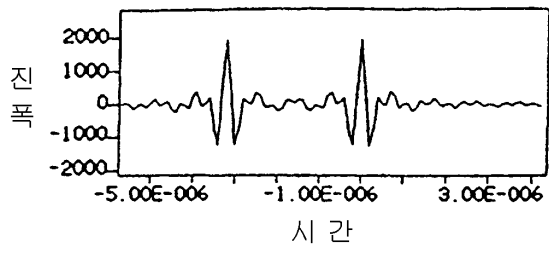


도플러 측정

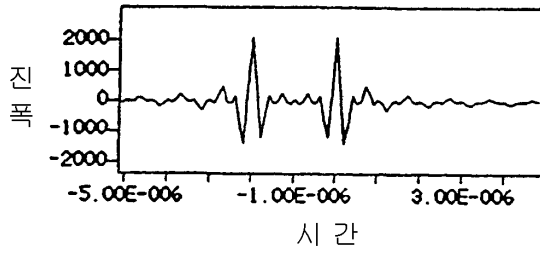
도면15

업 처프에 대응하는 압축펄스 다운 처프에 대응하는 압축펄스

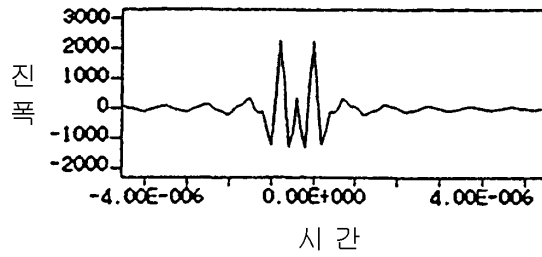
(a) $f_d > 0$ 의 경우



(b) $f_d = 0$ 의 경우

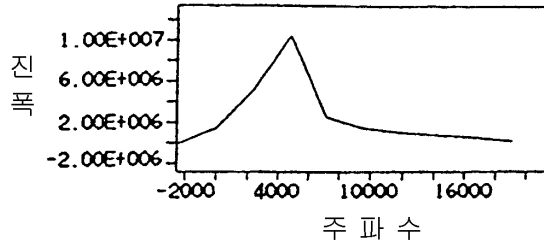


(c) $f_d < 0$ 의 경우

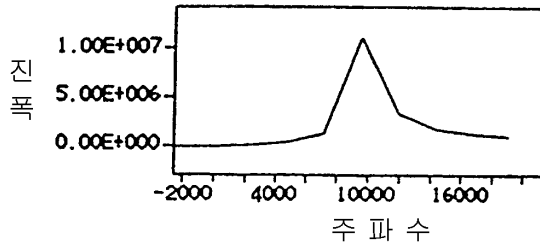


도면16

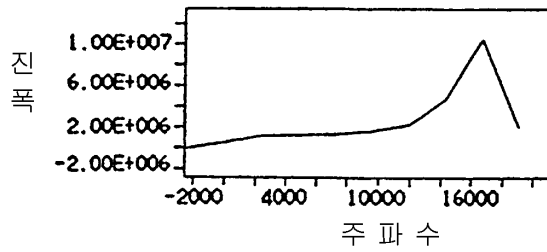
(a) $f_d > 0$ 의 경우



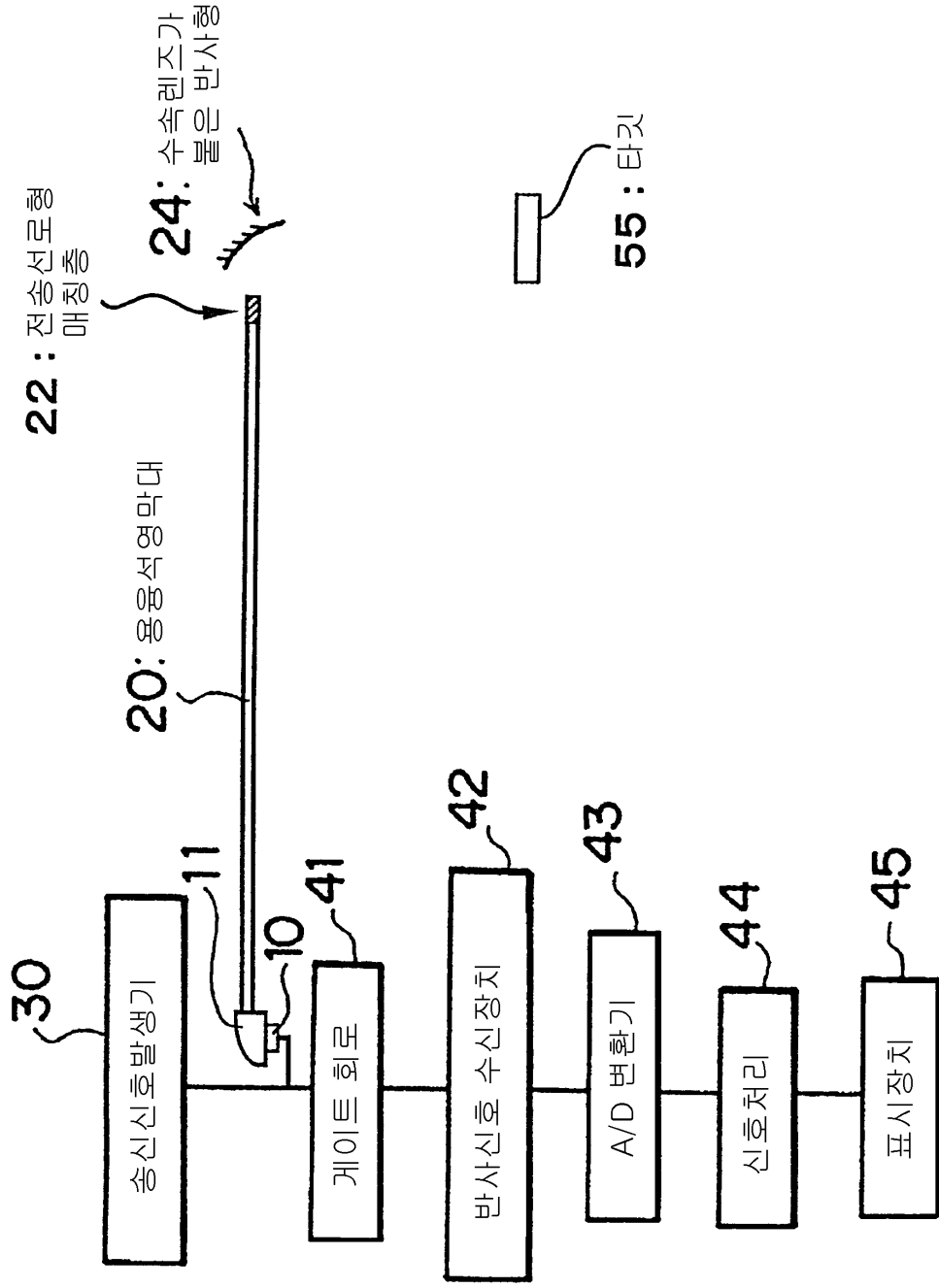
(b) $f_d = 0$ 의 경우



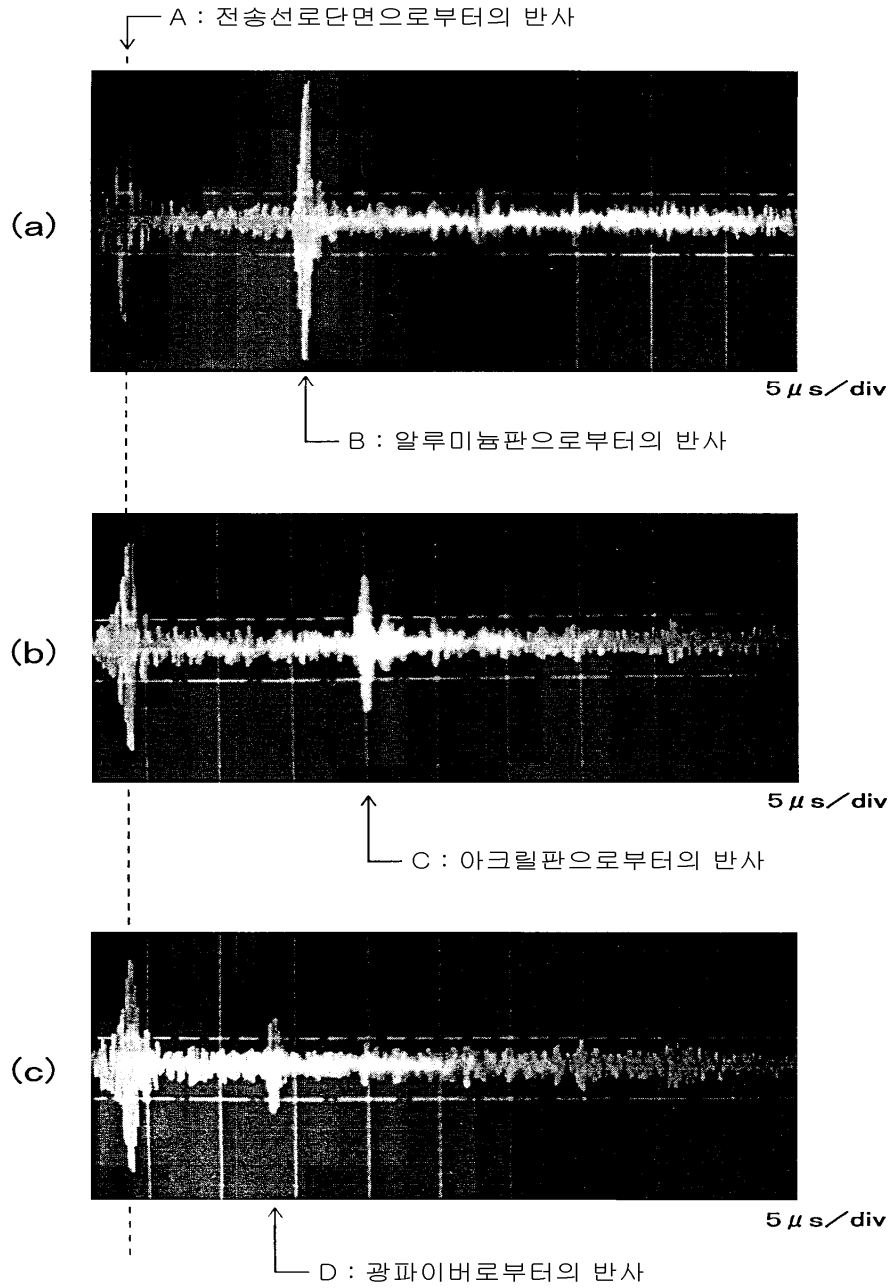
(c) $f_d < 0$ 의 경우



도면17



도면18



专利名称(译)	超声波收发器通过脉冲压缩		
公开(公告)号	KR100626944B1	公开(公告)日	2006-09-20
申请号	KR1020027003731	申请日	2000-09-25
[标]申请(专利权)人(译)	独立行政法人科学技术振兴机构 内容提示卡, 库我们肯这茨号等内容的恋饰品鞋尖高鼻子		
申请(专利权)人(译)	悟空心中查法人丽思建久嘉启新光马切达饼干jyucheu		
当前申请(专利权)人(译)	悟空心中查法人丽思建久嘉启新光马切达饼干jyucheu		
[标]发明人	MORIYA TADASHI TAGAWA NORIO		
发明人	모리야다다시 다가와노리오		
IPC分类号	A61B8/12 A61B8/06 A61B8/00 G01B17/00 G01N29/24 G01N29/28 G01N29/34 G01N29/44 G01P5/24 G01S7/52 G01S13/28 G01S15/89		
CPC分类号	A61B8/12 A61B8/06 A61B8/4281 G01B17/00 G01N29/2462 G01N29/2468 G01N29/28 G01N29/348 G01N29/4436 G01N2291/017 G01N2291/101 G01P5/24 G01S7/52047 G01S13/28 G01S15/8959 G01S15/8961 G01S15/8979		
代理人(译)	Honggicheon		
优先权	1999271454 1999-09-24 JP		
其他公开文献	KR1020020043588A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

如图2 (a) 所示, 在本发明中, 例如, 超声波探头安装侧的端面的直径为0.58mm, 最薄部分的直径为0.3mm, 样品侧的端面为直径。对于0.68mm, 使用长度为38cm的石英棒20。这是熔融石英棒20的安装有超声波传感器10的一侧的直径在L (0、3) 模式的转换效率良好的范围内, 或者是在与样品50接触的一侧的石英的范围内。杆20的直径被确定为与波长相比足够大, 并且其他部分被充分变薄以获得柔性。图2 (b) 示出了发送波形和接收波形。图2

